

O Ensino

da Instrumentação Industrial na Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Setúbal

João M. Catarino, Gustavo M. da Silva, R. N. Vilela Dionísio
Instituto Politécnico de Setúbal / Escola Superior de Tecnologia
Rua do Vale de Chaves, Estefanilha, 2910 Setúbal

Resumo

Apresenta-se a Escola Superior de Tecnologia (EST) do Instituto Politécnico de Setúbal (IPS) e os cursos nela ministrados. Em particular, o Curso de Engenharia de Instrumentação e Controlo. Apresentam-se as suas disciplinas, chamando a atenção para as de Instrumentação, para o seu conteúdo programático e para a forte componente laboratorial que lhes está associada e que, de uma forma inequívoca, tem contribuído para o grande sucesso que têm tido os alunos que concluíram o curso nesta Escola. Refere-se ainda a presença de Instrumentação no Curso de Estudos Superiores Especializados (CESE) de Engenharia e Gestão Industrial.

1. O IPS e a EST

O Instituto Politécnico de Setúbal (IPS) foi criado pelo Dec. Lei N.º 513-T/79, encontrando-se neste momento em funcionamento com todos os seus órgãos democraticamente eleitos. É uma instituição de ensino superior, constituída por diferentes unidades orgânicas, que têm como primeiro objectivo formar alunos de elevado nível cultural, científico, artístico, técnico e profissional.

Actualmente há em funcionamento, no campus, três Escolas Superiores: a Escola Superior de Educação (ESE), a Escola Superior de Tecnologia (EST) e a Escola Superior de Ciências Empresariais (ESCE).

Em particular, a EST tem como finalidade:

- formar técnicos, a nível superior, através de um ensino integrado (científico, técnico e prático), podendo ainda instituir cursos de especialização, de reciclagem e de curta duração, realizar seminários, palestras e outros de idêntica natureza;
- promover, dentro do seu âmbito, a investigação e o desenvolvimento experimental, estabelecendo a ligação do ensino com as actividades produtivas e sociais;

- apoiar pedagogicamente os organismos de ensino e de educação permanente;
- apoiar pedagogicamente os organismos de ensino e de educação permanente;
- colaborar no desenvolvimento cultural do Distrito em que se insere;
- prestar serviços à Comunidade, como forma de contribuir para a resolução de problemas, sobretudo de carácter regional, nela existentes.

O acesso ao IPS/EST encontra-se sujeito às restrições genericamente fixadas para os restantes estabelecimentos de Ensino Superior e geralmente revistas e alteradas anualmente.

Os cursos têm uma duração de três anos e conferem o grau a académico de bacharel.

A evolução do número de alunos da EST nos últimos anos tem sido bastante significativa e pode ser traduzida pelos números do Quadro 1.

Anualmente, a EST coloca no mercado de trabalho um número de bacharéis superior à centena que, apesar da crise económica dos últimos anos, têm sido praticamente absorvidos pelo mercado de emprego.

O corpo docente actual é constituído por 60 Assistentes, 41 Professores Adjuntos e 7 Professores Coordenadores, que se dividem por diferentes áreas científicas.

QUADRO 1

Evolução do número de alunos da EST nos últimos anos.

| Anos | N.º Alunos |
|---------|------------|
| 1991/92 | 502 |
| 1992/93 | 572 |
| 1993/94 | 785 |
| 1994/95 | 1099 |
| 1995/96 | 1288 |
| 1996/97 | 1500 |

As instalações da EST situam-se no campus do IPS (com cerca de 18 hectares), na Estefanilha, junto à cidade de Setúbal, e correspondem a uma área coberta de 19.000 m², cuja construção se iniciou em Dezembro de 1985 e se concluiu em Outubro de 1988.

O projecto da ESCE é mais recente, encontrando-se nesta altura em fase de acabamento, mas já a leccionar.

A ESE tem edifício próprio e encontra-se em pleno funcionamento.

2. Os cursos leccionados na EST

Os primeiros cursos da EST foram planificados de acordo com um plano preliminar, elaborado pelo Ministério da Educação e pelo Conselho Científico da Escola, com o apoio da sua Comissão Instaladora. Somente após se ter efectuado consultas prévias à Indústria é que se definiu a estrutura curricular final, bem como os objectivos destes primeiros cursos.

A EST iniciou as actividades lectivas em Novembro de 1988, com os cursos de bacharelato em Engenharia Térmica e Engenharia Electrotécnica. Em Novembro de 1989, juntaram-se os cursos de bacharelato em Engenharia de Electrónica e Computadores, Engenharia de Instrumentação e Controlo e Engenharia de Produção Mecânica.

Actualmente, a EST lecciona os seguintes cursos de bacharelato:

- Engenharia de Produção Mecânica
- Engenharia Mecânica/Térmica
- Engenharia Electrotécnica
- Engenharia de Instrumentação e Controlo
- Engenharia de Electrónica e Computadores
- Engenharia Informática de Gestão
- Engenharia Electromecânica
- Engenharia da Energia e Ambiente

Estes cursos visam prioritariamente dar resposta às necessidades da indústria e serviços do Distrito de Setúbal, através da formação de técnicos superiores, de nível médio (bacharéis), com aptidões e conhecimentos científicos e técnicos sólidos e abrangentes, dotados de versatilidade de adaptação à diversidade das solicitações e capazes de se dedicar ao estudo e resolução dos problemas cada vez mais complexos no domínio da sua especialidade.

Desta forma, garante-se a cobertura dos seguintes campos de acção para os diplomados:

- chefia de equipas de trabalho;
- estudo, organização, direcção e coordenação de actividades inerentes à produção, manutenção, detecção de avarias e reparação de equipamentos;
- integração e/ou chefia de equipas de projecto de equipamentos;
- integração de equipas de trabalho no domínio da aplicação de equipas de trabalho no domínio da aplicação de novas tecnologias.

Paralelamente aos cursos de bacharelato já referidos, a EST lecciona o Curso de Estudos Superiores Especializados (CESE) de Engenharia e Gestão Industrial (que confere grau equivalente à licenciatura) nos Ramos de:

- Engenharia Mecânica/Térmica
- Engenharia Electrotécnica
- Engenharia de Electrónica e Computadores
- Engenharia de Instrumentação e Controlo
- Engenharia de Produção Mecânica

3. O curso de Engenharia de Instrumentação e Controlo

O Bacharelato em Engenharia de Instrumentação e Controlo abrange as seguintes áreas científicas:

- Matemática (MAT)
- Informática (INF)
- Ciências Empresariais, Línguas e Comunicação (CELC)
- Projecto Mecânico (PJM)
- Termodinâmica Aplicada (TA)
- Electrotecnia (EE)
- Electrónica (EO)
- Instrumentação e Medida (IM)
- Sistemas e Controlo (SC)

O seu objectivo consiste em preparar quadros competentes para lidar com temas como Instrumentação, Aquisição de Dados, Sistemas Lógicos, Automação, Sistemas com Realimentação, Controlo de Processos, Controlo por Computador, Robótica e Automatização Industrial.

É, pois, neste curso que se ensina, por excelência, o âmbito da Instrumentação Industrial e do Controlo, como se pode observar pelo conteúdo curricular que se apresenta no Quadro 2.

Num total de 25 horas semanais leccionadas no curso, existe a seguinte distribuição percentual:

- Instrumentação (21,6% horas leccionadas);
- Instrumentação + Metrologia (24,2% horas leccionadas);
- Instrumentação + Metrologia + Controlo (55,6% horas leccionadas);
- Instrumentação + Metrologia + Controlo + Projecto (60,8% horas leccionadas).

4. O conteúdo das disciplinas de Instrumentação

A Área Científicas de Instrumentação e Medida engloba as disciplinas seguintes:

- Instrumentação I (3.º Semestre)
- Instrumentação II (4.º Semestre)
- Oficinas de Instrumentação I (4.º Semestre)

- Oficinas de Instrumentação II (5.º Semestre)
- Metrologia Geral (5.º Semestre)
- Processamento e Transmissão de Sinais (5.º Semestre)
- Processos Tecnológicos (6.º Semestre)
- Projecto (6.º Semestre)

De uma forma breve, pode-se resumir o conteúdo de cada uma das disciplinas:

a) Instrumentação I

- Noção de processo, sensor, cadeia de controlo, sua função e componentes. Terminologia utilizada em instrumentação industrial.
- Elementos primários de medição: fole, membranas, bocal/palheta, tubo de Bourdon, placa de orifício, Venturi.
- Noções de instrumentação pneumática. Sensores passivos, sensores activos, grandezas de influência.
- Física e teoria dos sensores: potenciómetro, resistência variável com a temperatura (RTD), extensómetro, acelerómetro, piezorresistivo, condensador variável plano e cilíndrico (LVDC), sensor indutivo.
- Condicionamento dos sensores passivos: divisor de tensão, ponte de Wheatstone, sensibilidade, linearização do sensor e do condicionador, compensação das grandezas de influência, eliminação das perturbações dos cabos de ligação: medições com sensores de impedância complexa.
- Sensores de relutância LVDT, piezoeléctricos, efeito de Hall, sensores ópticos.

b) Instrumentação II

- Teoria das variáveis físicas: métodos e técnicas de medição: temperatura, pressão, caudal, nível, velocidade, pH, etc.
- Temperatura: termometria por par termoeléctrico (efeito termoeléctricos), compensação da junção fria e cabos de compensação. Termo-resistências. Termistores. Termometria por quartzo.
- Pressão: tomadas de pressão para fluidos em repouso. Conversão por variação de resistência, capacidade, indução e indução mútua. Conversão por efeito piezoeléctrico e efeito fotoeléctrico.
- Descrição dos transmissores eléctricos e pneumáticos.
- Velocidade dos fluídos: anemómetros a fio ou filme quente, iónicos, a hélice, laser e ultrassónicos.
- Caudal: caudalímetro electromagnético, a hélice, rotâmetro, de turbilhão, ultrassónico, de massa térmica, de restrição (orifício, bocal, Venturi).
- Nível em reservatórios abertos e sob pressão: sensores capacitivos, condutivimétricos, por ondas sonoras e por radiações.
- Analisadores de gás e de oxigénio. Análise espectral.
- Analisadores de pH: conceito de pH. Indicadores. Equação de Nernst. O eléctrodo de hidrogénio. Os

eléctrodos de vidro, de medição e de referência. O sistema de medição e cuidados na utilização. Manutenção.

c) Oficinas de Instrumentação I

- Organização e funcionamento de uma oficina de instrumentação. Identificação e manuseamento de ferramentas. Execução de peças simples utilizando o engenho de furar, serrote, lima e alicate de curvar tubo de cobre. Tipos de roscas e acessórios usados em instrumentação. Execução de peças roscadas, uso de machos e tarrachas. Técnicas de instalação. Execução de instalações.

d) Oficinas de Instrumentação II

- Calibração de instrumentos. Manutenção e reparação de instrumentos. Anés de controlo. Normas de instalação. Construção de instrumentos.

e) Metrologia Geral

- A metrologia na qualidade industrial: metrologia industrial, científica e legal.
- Subsistema nacional da metrologia. Organismos internacionais da metrologia.
- Sistema internacional de unidades.
- Princípios fundamentais dos aparelhos de medição.
- Tolerâncias e ajustamentos. Erros de medida.
- Técnicas e métodos de medição de grandezas mecânicas eléctricas e termodinâmicas. Calibração. Padrões. Laboratórios de metrologia.

f) Processamento e Transmissão de Sinais

- Condicionadores analógicos de sinais: amplificadores operacionais, amplificadores de instrumentação e amplificadores de isolamento.
- Conversão analógica-digital e digital-analógica. Conversores tensão-frequência e frequência-tensão.
- Processamento analógico de sinais: estudo de circuitos analógicos dedicados (multiplicadores, divisores, etc.). Perturbações em circuitos eléctricos de medição.
- Princípios de transmissão de sinais por modulação (AM, FM, PCM).
- Fibras ópticas, tipos e aplicações. Sensores de fibra óptica.

g) Processos Tecnológicos

- Funcionamento e regulação de processos tecnológicos: caldeiras, turbinas, sistemas de ar condicionado, fábricas de produtos químicos, de papel, de cimento, petroquímicos, siderurgia, etc.

QUADRO 2

Conteúdo curricular do bacharelato em Engenharia de Instrumentação e Controlo.

| Ano | Semestre | Disciplinas | Área Científica | Horas Semanais | | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---|-----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | T | TP | P | L |
| 1.º | 1.º | Matemática I | MAT | 2 | - | 4 | - |
| | | Inglês I | CELC | - | 2 | - | - |
| | | Introdução à Informática | INF | 2 | - | 2 | 2 |
| | | Termodinâmica e Fluidos | TA | 2 | - | 2 | 2 |
| | | Introdução aos Sistemas | SC | 2 | - | 2 | 2 |
| | Total | | 26 | 8 | 2 | 10 | 6 |
| | 2.º | Matemática II | MAT | 2 | - | 4 | - |
| | | Introdução à Economia | CELC | 2 | - | - | - |
| | | Inglês II | CELC | - | 2 | - | - |
| | | Mecânica | MMS | 2 | - | 2 | 2 |
| Desenho Técnico Geral | | PJM | - | - | - | 4 | |
| Sistemas e Circuitos Eléctricos | SC | 2 | - | 2 | 2 | | |
| Total | | 26 | 8 | 2 | 8 | 8 | |
| 2.º | 1.º | Matemática Aplicada à Instrumentação e Controlo | MAT | 2 | - | 2 | - |
| | | Instrumentação I | IM | 2 | - | 2 | 2 |
| | | Métodos Estatísticos em Medida | IM | 2 | - | 2 | - |
| | | Controlo de Sistemas I | SC | 2 | - | 2 | 2 |
| | | Automação Industrial | SC | 2 | - | 2 | 2 |
| | Total | | 26 | 10 | 0 | 10 | 6 |
| | 2.º | Higiene e Segurança Industrial | CELC | 2 | - | - | - |
| | | Electrónica e Microprocessadores | EQ | 2 | - | 2 | 2 |
| | | Instrumentação II | IM | 2 | - | 2 | 2 |
| | | Oficinas de Instrumentação I | IM | - | - | - | 4 |
| Controlo de Sistemas II | | SC | 2 | - | 2 | 2 | |
| Total | | 24 | 8 | 0 | 6 | 10 | |
| 3.º | 1.º | Sociologia Industrial | CELC | 2 | - | - | - |
| | | Processamento e Transmissão de Sinais | IM | 2 | - | 2 | 2 |
| | | Sistemas de Actuação Electromecânicos | EE | 2 | - | - | 2 |
| | | Oficinas de Instrumentação II | IM | - | - | - | 4 |
| | | Metrologia Geral | IM | 2 | - | 2 | - |
| | Controlo de Sistemas III | SC | 2 | - | 2 | 2 | |
| | Total | | 26 | 10 | 0 | 6 | 10 |
| | 2.º | Introdução à Gestão de Empresas | CELC | 2 | - | - | - |
| | | Processos Tecnológicos | IM | - | 3 | - | - |
| | | Robótica | SC | 2 | - | 2 | 2 |
| Supervisão e Controlo por Computador | | SC | 2 | - | - | 4 | |
| Projecto | | IM | - | - | 8 | - | |
| Total | | 25 | 6 | 3 | 10 | 6 | |

Aulas: T-teóricas, TP – teórico-práticas, P – práticas, L – laboratoriais.

h) Projecto

- Fases de um projecto. Elementos constitutivos de um projecto.
- Medições e orçamentos. Preparação de uma obra. Organização de um estaleiro: pessoal, equipamento. Execução de um projecto.
- Fase I - Projecto de instrumentação: e partir dum *P&I diagram*. Especificar e escolher instrumentos e executar o respectivo projecto de pormenor, incluindo caderno de encargos de execução.
- Fase II - Estudo e realização de um projecto de um sistema de instrumentação ou controlo.

5. Os Laboratórios

O ensino das disciplinas de instrumentação na EST é sempre acompanhado de trabalhos de laboratório e de trabalhos oficinais, permitindo deste modo complementar a formação teórica e preparar os alunos para a vertente tecnológica e prática correspondente ao seu futuro profissional.

Para se poder ter a noção do valor atribuído aos laboratórios e oficinas note-se que, a preços de 1989, os custos foram os seguintes:

- Edifício

735.00 c

- Equipamento didáctico e científico 900.000 c
- Mobiliário 100.000 c

A EST garante as actividades tecnológicas de experimentação e desenvolvimento através de um conjunto de laboratórios de elevada qualidade e que se dividem pelas áreas de:

- Mecânica e Comportamento Mecânico dos Materiais
- Análise Experimental de Tensões
- Vibrações e Ruído
- Projecto Assistido por Computador
- Máquinas Eléctricas
- Instalações Eléctricas
- Electrotecnia
- Projecto Assistido por Computador em Termodinâmica Aplicada
- Energias Alternativas
- Termodinâmica e Fluidos
- Refrigeração
- Climatização
- Aquecimento e Combustão
- Gestão de Energia
- Instrumentação Industrial
- Produção Integrada por Computador
- Automação Industrial
- Controlo de Processos
- Robótica
- Informática
- Electrónica
- Sistemas Digitais
- Química

Destes salientam-se os laboratórios de Instrumentação Industrial e de Controlo de Processos por serem os utilizados nas disciplinas de Instrumentação.

De entre o equipamento de laboratório, e para além dos tradicionais osciloscópios, multímetros digitais, geradores de sinais, frequencímetros, caixas de resistências, placas de aquisição de dados, etc., existe ainda uma variedade considerável de equipamento mais específico: termo-resistências, termopares, termistores e vários calibradores de temperatura. Controladores de temperatura. Tubos de Bourdon, foles, membranas e transmissores de pressão industriais. Calibradores de pressão. Tanques para medição de nível por meio da pressão hidrostática. Tubos de borbulhamento. Orfícios para medição de caudais, Venturis, caudalímetros de vórtice, etc. Depositivos para calibração de caudalímetros por variação de nível de um tanque. Sensores de pH. Válvulas de controlo, de borboleta, globo, esfera e segmento esférico. Actuadores pneumáticos e posicionadores.

Salientam-se ainda alguns processos piloto:

- Simulação de um barrilete de uma caldeira.
- Permutador de calor e controlo de temperatura.
- Tanque fechado e controlo de pressão.
- Tanques de água abertos com controladores de nível e de caudal.

6. O CESE

O Curso de Estudos Superiores Especializados (CESE) de Engenharia e Gestão Industrial no Ramo de Engenharia de Instrumentação e Controlo lecciona uma disciplina de Instrumentação: Complementos de Instrumentação. Nesta disciplina dá-se especial ênfase aos seguintes tópicos:

- Balanças de pesagem contínua.
- Sensores ópticos e de imagem.
- Sensores de fibra óptica.
- Analisadores de composição de gases.
- Sensores de:
 - pH;
 - condutividade;
 - viscosidade;
 - oxigénio.
- Sensores por radiação
- Instrumentação inteligente.

O Curso possui o objectivo de consolidar alguns conhecimentos de índole mais teórica, que no Curso de Bacharelato não são suficientemente aprofundados, dado o seu cariz fortemente vocacionado para as aplicações industriais.

7. Os Estágios

Todos os *curricula* aprovados para o curso de bacharelato da EST exigem a realização de um estágio industrial, com a duração mínima de três meses. A angariação dos estágios é promovida através do Gabinete de Relações com o Exterior, pelos Directores de Curso e Docentes, aproveitando estes a realização dos mesmos para reforçar a ligação Escola-Empresa.

O programa de estágio é previamente combinado entre o docente responsável e o coordenador na Empresa, que se devem manter em contacto regular. O relatório de estágio, depois de visto pela Empresa, é entregue ao docente responsável. O relatório deve sintetizar os aspectos organizativos e funcionais da Empresa e apresentar um estudo pormenorizado de carácter técnico referente ao trabalho desenvolvido.

A discussão do relatório é pública e normalmente feita com a presença do coordenador na Empresa. A apresentação não deve ultrapassar os 15 minutos. É obrigatória a aprovação do relatório de estágio para a obtenção da carta de curso. O peso da nota do estágio na nota final de curso é de 10 %.

8. Ligação à indústria: inserção no tecido empresarial

Paralelamente aos estágios e no decurso do funcionamento normal de algumas disciplinas (salienta-se a disciplina de Processos Tecnológicos) realizam-se visitas de

estudo a unidades industriais do Distrito. Estas visitas, em coordenação com os estágios, permitem quer aos alunos, quer às empresas, travar conhecimento com a realidade do tecido empresarial/industrial e do Ensino Superior Politécnico, respectivamente.

A EST tomou conhecimento, por meio de um inquérito realizado [6] junto dos formados pela EST que, em relação ao Curso de Engenharia de Instrumentação e Controlo, 100% dos inquiridos considera adequada a formação obtida com a actividade profissional. Tal reflecte-se no facto de a taxa de desemprego actual entre os formados neste curso ser nula.

Relativamente ao tipo de actividade exercida por estes formados, verifica-se uma distribuição uniforme pelos sectores de produção, vendas, assistência técnica e projectos, ao que corresponde, em 50% dos casos, um nível remuneratório inicial entre 150 e 200 contos.

Por último, refere-se que 94% dos formados têm um enquadramento profissional como trabalhadores dependentes, reforçando-se assim a noção que a Escola possui acerca da procura por parte da indústria deste tipo de formação técnica.

No entanto, os *curricula* incluem disciplinas como Introdução à Economia, Sociologia e Introdução à Gestão de Empresas, que dão uma formação básica, permitindo aos formados que optem pela criação da própria Empresa.

9. Conclusões

Neste artigo abordou-se, de uma forma simples, a origem do IPS / EST e os objectivos que presidiram à sua criação.

Foram ainda referidos os aspectos essenciais do conteúdo programático referente ao ensino da Instrumentação Industrial na EST e dada relevância à componente prática, manifestada nas diferentes actividades laboratoriais.

Abordou-se também a existência do CESE como forma de formação complementar ao Curso de Bacharelato, embora numa vertente mais teórica e visando a obtenção do grau académico de licenciado.

Por fim, referiu-se a interacção Escola-Empresa e a satisfação dos formados pela EST em relação à adequação da formação obtida com a actividade profissional. **E**

Bibliografia

[1] *Instituto Politécnico de Setúbal: objectivos, formação inicial, pessoal docente, estrutura curricular, relações industriais, formação profissional, relações internacionais, instalações, investimento e prestação de serviços*, Abril 1990.

[2] *Curso de Bacharelato em Engenharia Electrotécnica, Térmica, Electrónica e de Computadores, Instrumentação e Controlo e Produção Mecânica*, IPS / EST, 1992.

[3] *Informação - IPS*, Jan / Mar 1996.

[4] *Curso de Bacharelato em Engenharia de Instrumentação e Controlo, Programas das Disciplinas*, IPS / ESP.

[5] *Informação EST*, N.º 1 e 2, 1996, N.º 3, 1997.

[6] M. Fernanda V. D. Pestana, Olgierd Swiatkiewicz, *Inquérito Realizado aos Formados pela Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Setúbal - Apresentação de Resultados*, CELC, EST, 1996.

Oferta Especial aos Assinantes
do livro com trabalhos do Eng. Ilídio Moriz-Simões
publicados na Revista *ELECTRICIDADE*
«Pioneiros da Electricidade em Portugal
e Outros Estudos»

Caderno n.º 1 do Museu de Electricidade

Envie cheque no valor de 550\$00 para despesas
de correio e receberá em sua casa esta obra histórica